



(11) **EP 2 290 476 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
02.03.2011 Bulletin 2011/09

(51) Int Cl.:
G04B 15/12 (2006.01) G04B 17/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09168113.0**

(22) Date de dépôt: **18.08.2009**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(72) Inventeurs:
• **Henein, Simon**
2000, Neuchâtel (CH)
• **Schwab, Philippe**
1421, Grandevent (CH)

(71) Demandeur: **CSEM Centre Suisse d'Electronique
et de
Microtechnique SA - Recherche et
Développement**
2002 Neuchâtel (CH)

(74) Mandataire: **GLN**
Rue du Puits-Godet 8a
2000 Neuchâtel (CH)

(54) **Correcteur d'isochronisme pour échappement horloger et échappement muni d'un tel correcteur**

(57) La présente invention concerne un correcteur d'isochronisme d'oscillateur mécanique comportant :
- un bâti (12),
- une lame flexible (14) solidaire du bâti pour agir sur l'oscillateur mécanique au niveau d'une portion de contact (14a) que présente la lame,
- des premiers moyens de réglage de la précontrainte de ladite lame flexible comprenant un doigt de précontrainte (22) agissant sur ladite lame flexible, lesdits premiers moyens de réglage étant solidaires du bâti.

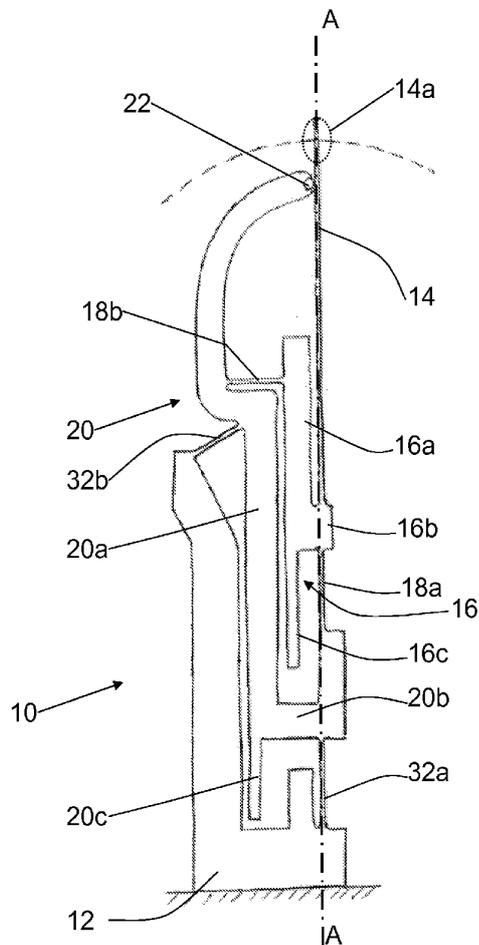


Fig. 1

EP 2 290 476 A1

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte à un correcteur d'isochronisme d'oscillateur mécanique comportant un bâti, une lame flexible solidaire du bâti pour agir sur l'oscillateur mécanique au niveau d'une portion de contact que présente la lame. L'invention concerne également un mécanisme d'échappement muni d'un tel correcteur.

Etat de la technique

[0002] Les oscillateurs conventionnels qui équipent les garde-temps mécaniques comprennent, classiquement, un élément ressort, ou spiral, permettant le rappel en position neutre d'un élément régulateur, ou balancier. L'énergie dissipée par l'oscillation est compensée par l'application d'un couple moteur fourni par un ressort de charge, ou ressort de barillet. Cependant, ce couple d'entraînement exercé par le ressort de barillet varie au cours du temps en fonction de la charge (ou état de remontage) de ce dernier et, dans la plupart des garde-temps mécaniques, notamment lorsque le barillet est couplé directement aux rouages de la chaîne dynamique, cette variation a pour effet de modifier l'amplitude d'oscillation ainsi que, dans une certaine mesure, la période de l'oscillateur. Une telle modification peut se traduire, pour certaines réalisations, par une déviation d'une à plusieurs dizaines de secondes par jour.

[0003] Pour compenser l'effet de la variation d'intensité du couple moteur, il a été proposé d'utiliser un dispositif appelé fusée (voir le «Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie» de G. A. Berner), qui permet de régulariser la force motrice transmise au rouage par le ressort de barillet. Toutefois, un tel dispositif est difficilement miniaturisable et, pour cette raison, ne peut pas être réellement appliqué dans les montres-bracelets mécaniques.

[0004] Un autre dispositif de correction a été décrit en relation avec la figure 7 de la demande de brevet européen EP 1736838 au nom de la demanderesse. Dans ce dernier document, il est proposé de faire agir le couple moteur du ressort de barillet sur un organe flexible, lequel contrôle la longueur active d'un élément qui participe à la constante d'oscillation de l'oscillateur mécanique.

[0005] Comme dans le cas de la fusée, un tel dispositif n'est pas simple à mettre en oeuvre et, surtout, aucun des deux dispositifs ne permet de tenir compte des variations de couple qui seraient dues à des frottements existant, par exemple, au niveau des différentes pièces incluant l'oscillateur ainsi que les rouages de transmission du couple moteur à ce dernier.

[0006] En régime d'oscillation quasi-permanent, c'est-à-dire lorsque l'intensité du couple moteur varie suffisamment lentement par rapport à la période d'oscillation, on peut admettre que la variation de période induite est équi-

valente à celle qui serait induite par un couple de rappel non linéaire en fonction de la déflexion. Un tel défaut d'isochronisme peut être corrigé par une non linéarité inverse du ressort de rappel.

[0007] L'invention a ainsi pour but de fournir un correcteur du défaut d'isochronisme induit par les variations du couple moteur du ressort de barillet, selon un principe de correction en fonction de l'amplitude.

[0008] Plus généralement, le but de l'invention est de pouvoir maintenir une fréquence constante de l'oscillateur, dans son domaine utile de fonctionnement, en se basant sur les variations d'amplitude pour corriger un effet assimilable à une non-linéarité du ressort de rappel.

15 Divulgation de l'invention

[0009] De manière plus précise, l'invention porte sur un correcteur d'isochronisme d'oscillateur mécanique comportant

- un bâti,
- une lame flexible solidaire du bâti pour agir sur l'oscillateur mécanique au niveau d'une portion de contact que présente la lame,
- des premiers moyens de réglage de la précontrainte de ladite lame flexible comprenant un organe agissant sur ladite lame flexible, lesdits premiers moyens de réglage étant solidaires du bâti.

[0010] Le correcteur peut avantageusement comporter des deuxièmes moyens de réglage de la position de la portion de contact, pour ajuster la position dans laquelle l'oscillateur entre au contact de la lame flexible, lesdits deuxièmes moyens de réglage étant solidaires du bâti et indépendants des premiers moyens de réglage.

[0011] L'invention porte également sur un mécanisme d'échappement équipé d'un correcteur tel que proposé ci-dessus.

[0012] D'autres caractéristiques avantageuses de l'invention sont définies dans les revendications.

Brève description des dessins

[0013] L'invention apparaîtra plus clairement à la lecture de la description qui va suivre, faite en référence au dessin annexé, dans lequel:

- la figure 1 représente une vue de dessus d'un correcteur selon l'invention, en position neutre, c'est-à-dire sans action des moyens de réglage,
- les figures 2, 3 et 4 représentent également une vue de dessus d'un correcteur selon l'invention, en position neutre, mais dans différentes situations de coopération avec un organe oscillateur de l'échappement,
- la figure 5 représente une vue de dessus d'un correcteur selon l'invention, avec une représentation volontairement exagérée de l'action des premiers

- moyens de réglage,
- la figure 6 représente une vue de dessus d'un correcteur selon l'invention, avec une représentation volontairement exagérée de l'action des deuxièmes moyens de réglage,
- la figure 7 montre un deuxième mode de réalisation d'un correcteur selon l'invention, en position neutre, en coopération avec un organe oscillateur de l'échappement,
- la figure 8 représente une vue de dessus d'un correcteur selon l'invention, avec une représentation de l'action des troisièmes moyens de réglage,
- la figure 9 est une vue schématique de la disposition géométrique de certains éléments du correcteur et de l'organe oscillateur de l'échappement,
- les figures 10 et 11 illustrent plus particulièrement les systèmes de positionnement des moyens de réglage,
- la figure 12 propose une vue de dessus d'un correcteur selon l'invention, de ses moyens de réglages incluant les systèmes de positionnement,
- la figure 13 représente schématiquement un mécanisme d'échappement sur lequel peut s'intégrer avantageusement un correcteur d'isochronisme selon l'invention, et
- la figure 14 propose une autre variante de réalisation d'un correcteur selon l'invention, particulièrement de la lame flexible.

Mode(s) de réalisation de l'invention

[0014] Le correcteur d'isochronisme selon l'invention est particulièrement applicable au système d'échappement décrit dans le document EP 1736838, déjà cité, notamment à la figure 2a, auquel on pourra se référer pour avoir des détails sur des éléments non spécifiques à la présente invention. Les éléments essentiels d'un tel échappement sont représentés sur la figure 13.

[0015] On reconnaît un balancier 1 (partiellement représenté) oscillant autour d'un axe 2 et son ressort de rappel, ou ressort spiral, 3 fixé entre un bras du balancier et un bâti 4 de la montre. Une pièce en T appelée ancre 6 peut être associée au balancier, pour former un oscillateur à deux étages. Selon l'enseignement du document EP 1736838, une roue d'échappement 5 est entraînée par deux lames élastiques 7 liées, par une extrémité, au balancier 1 ou à l'ancre 6, et dont l'autre extrémité, ou palette, s'engage dans les dents (partiellement représentées) de la roue d'échappement 5. Dans la présente invention, le terme d'oscillateur mécanique désigne le balancier et son système élastique de rappel ou, le balancier, son système élastique et l'ancre 6, formant un deuxième étage de l'oscillateur.

[0016] En oscillant, sous l'impulsion d'un couple moteur dispensé par un ressort de barillet, le balancier-spiral entraîne en rotation la roue d'échappement 5 à un rythme qui doit être aussi régulier que possible, car il détermine la précision de la montre qu'il contrôle. Or, comme cela

a été mentionné précédemment, les montres mécaniques et, plus particulièrement, celles équipées d'un système d'échappement tel qu'il vient d'être décrit, souffrent d'un défaut d'isochronisme pouvant se traduire par un écart de quelque dix secondes par jour pour une variation du couple moteur de dix pourcent, correspondant à une variation d'amplitude de cinq pourcent. Un tel écart tient au fait que, contrairement aux systèmes d'échappement libre, tels que ceux dits à ancre suisse, l'ancre 6 particulière du document EP précité est, par l'intermédiaire de ses lames élastiques 7, en contact permanent avec la roue d'échappement 5. Au cours de sa décharge, le couple moteur du ressort de barillet décroît, ce qui entraîne une diminution correspondante de l'amplitude d'oscillation de l'oscillateur (pour maintenir l'équilibre avec la puissance dissipée) et aussi de sa fréquence par l'effet du contact permanent. Pour de petites variations, correspondant au domaine de fonctionnement, on peut admettre que la fréquence varie linéairement avec les variations du couple moteur.

[0017] Le principe de l'invention consiste à doter l'oscillateur d'un correcteur 10 ayant une caractéristique de fréquence inverse de la sienne dans le domaine de fonctionnement.

[0018] La figure 1 représente un tel correcteur. Il comporte un bâti 12, destiné à permettre l'assemblage du correcteur sur le mouvement de montre auquel il participe. Ce bâti 12 est rigide et permet d'assurer le positionnement précis du correcteur en référence à l'échappement. Il permet donc, également, de servir de référentiel pour les parties mobiles du correcteur qui seront décrites ci-après. Le correcteur 10 comprend également une lame flexible 14, solidaire du bâti et définissant un axe longitudinal AA. Cette lame flexible est destinée à coopérer avec l'oscillateur de l'échappement, notamment avec son ancre 6, au niveau d'une goupille 9 solidaire de l'ancre, la figure 13 en montrant deux. Selon l'enseignement de la demande EP08101699 au nom de la demanderesse, on rappellera ainsi que, pour de petites amplitudes du balancier, la lame flexible 14 est en contact avec l'ancre 6 au niveau d'une portion de contact 14a et elle constitue un ressort additionnel qui agit sur le balancier en complément du ressort spiral 3. Si l'amplitude des oscillations augmente, il arrive un moment où la lame flexible 14 cesse d'être en contact avec l'ancre, modifiant ainsi la constante élastique du ressort de rappel global. Cela crée une non linéarité négative, constituée d'une part d'une diminution de pente et d'autre part d'un saut de force, dans la réponse de ce ressort de rappel global, et c'est cette non linéarité qui permet de compenser le défaut d'isochronisme positif mentionné plus haut (c'est-à-dire, une fréquence qui augmente quand l'amplitude augmente). Les moyens de réglage proposés dans la demande EP08101699 sont difficiles à mettre en oeuvre d'un point de vue pratique. Particulièrement, le dispositif décrit ne permet pas de régler la précontrainte exercée sur la lame élastique, cette précontrainte étant exercée par une butée fixe.

[0019] Particulièrement à l'invention, la lame flexible 14 est reliée au bâti par l'intermédiaire de systèmes de réglage, qui vont maintenant être décrits. La lame 14 est encastrée sur un premier élément intermédiaire 16. Ce dernier comporte, selon l'exemple illustré au dessin, un corps 16a de forme générale parallélépipédique, d'axe parallèle à l'axe AA en position neutre. Ce corps 16a est doté d'une aile transversale 16b, sur laquelle est encastrée la lame flexible 14. En outre, le corps 16a est prolongé par une queue 16c permettant de limiter les déplacements du corps 16a. Le premier élément intermédiaire 16 est solidaire du bâti 12, grâce à une première 18a et à une deuxième 18b lames élastiques. La première lame élastique 18a est agencée solidairement sur l'aile 16b, dans le prolongement de la lame flexible 14. La deuxième lame 18b est agencée solidairement sur le corps 16a, du côté opposé à la lame flexible 14, selon une direction perpendiculaire à la première lame 18a. Les lames élastiques sont reliées à deuxième élément intermédiaire, servant de premier élément de référence, par rapport auquel les lames élastiques 18a et 18b peuvent se déformer. Comme on le comprendra mieux par la suite, les lames élastiques 18a et 18b, associées au premier élément intermédiaire 16 forment une première structure déformable. Plus particulièrement, il s'agit d'une structure déformable élastiquement autour d'un pivot à centre de compliance déporté (plus connu sous le terme anglais Remote Center Compliant flexure pivot), dont le centre de rotation est situé à l'intersection des lames élastiques.

[0020] Le premier élément de référence est doté d'un doigt de précontrainte 22, positionné de manière exercer une contrainte sur la lame flexible 14. Le premier élément de référence étant fixe lors des déformations de la structure déformable, on comprend que la lame flexible 14 se déplace en référence au doigt de précontrainte 22, ce qui a pour effet de modifier la contrainte exercée par le doigt sur la lame flexible 14, comme l'illustre la figure 5.

[0021] Un système de positionnement 24 de la structure déformable, qui sera décrit en détails ultérieurement en référence aux figures 10 et 11, est agencé pour agir sur le premier élément intermédiaire 16 au niveau de la queue 16c, et déplacer la lame flexible 14 autour du centre de rotation de la première structure déformable et ajuster ainsi la précontrainte qu'elle subit. On remarquera au passage, sur la figure 5, la limitation de course réalisée grâce à la queue 16c qui vient en appui sur l'élément de référence.

[0022] Plus particulièrement, le deuxième élément intermédiaire 20 comporte, selon l'exemple illustré au dessin, un corps 20a de forme générale parallélépipédique, d'axe parallèle à l'axe AA en position neutre. Ce corps 20a est doté d'une aile transversale 20b, sur laquelle est encastrée la lame élastique 18a. En outre, le corps 20a est prolongé par une queue 20c permettant de limiter les déplacements du corps 20a. Le deuxième élément intermédiaire 20 est solidaire du bâti 12, grâce à une première 32a et à une deuxième 32b lames élastiques. La première lame élastique 32a est disposée sur l'aile 20b, dans

le prolongement de la lame flexible 14 et de la lame élastique 18a. La deuxième lame 32b est disposée sur le corps 20a, du côté opposé à la lame flexible 14. Les lames élastiques 32a et 32b sont reliées au bâti 12, servant de deuxième élément de référence, par rapport auquel les lames élastiques 32a et 32b peuvent se déformer. Comme on le comprendra mieux par la suite, les lames élastiques 32a et 32b, associées au deuxième élément intermédiaire 20 forment une deuxième structure déformable. Plus particulièrement, il s'agit d'une structure déformable élastiquement autour d'un pivot à centre de compliance déporté, dont le centre de rotation est situé à l'intersection des lames élastiques. La lame élastique 32b est agencée de manière à ce que le centre de rotation de la première structure déformable soit confondu avec celui de la deuxième structure déformable.

[0023] Lors de la déformation de la deuxième structure élastique, le corps 20 se déplace par rapport au bâti 12, solidairement avec la première structure élastique et la lame flexible 14. Ainsi, la lame flexible 14 et particulièrement son extrémité et sa portion de contact 14a destinée à entrer au contact de l'ancre 6, se déplacent en référence à l'oscillateur, ce qui a pour effet de modifier la position de la lame le long de la trajectoire suivie par la goupille 9, comme le montre la figure 6. On notera au passage que ce réglage n'a aucune influence sur la force de précontrainte de la lame flexible 14 contre le doigt de précontrainte 22, étant donné que la lame 14 et le doigt 22 se déplacent solidairement.

[0024] Un système de positionnement 34 de la deuxième structure déformable, qui sera décrit en détails ultérieurement en référence aux figures 10, 11 et 12, est agencé pour agir sur le deuxième élément intermédiaire 20 au niveau de la queue 20c, et déplacer la lame flexible 14 et le premier élément de référence autour du centre de rotation de la deuxième structure déformable et ajuster ainsi le point de contact entre la goupille 9 de l'ancre 6 et la lame flexible 14. On remarquera au passage, sur la figure 6, la limitation de course réalisée grâce à la queue 20c qui vient en appui sur le bâti 12.

[0025] Les figures 2 à 4 montrent différentes positions de la goupille 9 en référence à la lame flexible 14, au cours d'une oscillation de l'oscillateur, afin de mieux comprendre l'action de lame flexible 14 sur l'oscillateur du mouvement. Sur ces figures 2 à 4, la lame flexible 14 est dans sa position neutre, c'est-à-dire que les première et deuxième structures déformables élastiquement ne sont pas déformées par leur système de positionnement respectif.

[0026] Sur la figure 2, la lame flexible 14 est en appui contre la goupille 9 solidaire de l'ancre 6. On notera que, pour un fonctionnement optimal du correcteur, et comme le montre particulièrement la figure 9, le centre de la trajectoire circulaire que suit la goupille 9 est situé dans le plan de la lame flexible 14, de longueur L, à une distance L/3 de son point d'encastrement dans l'aile transversale 16b. Le centre de rotation de l'ancre 6 coïncide avec les centres de pivotement des structures déformables élas-

tiquement. Sur la figure 2, la goupille 9 est représentée dans la position qu'elle a lorsque l'ancre 6 est en position neutre, c'est-à-dire avec le ressort spiral au repos. Dans cette position, la lame flexible est décollée du doigt de précontrainte 22.

[0027] Sur la figure 3, la goupille 9 est représentée dans la position qu'elle a lorsque l'ancre 6 est en position extrême vers la droite, en référence au dessin. Dans cette position, la lame flexible 14 est davantage décollée du doigt de précontrainte 22 que dans la position de la figure 2.

[0028] Sur la figure 4, la goupille 9 est représentée dans la position qu'elle a lorsque l'ancre 6 est en position extrême vers la gauche, en référence au dessin. Dans cette position, la lame flexible 14 est en appui contre la butée de précontrainte et n'est plus en contact avec la goupille 9 de l'ancre 6.

[0029] La figure 9 représente schématiquement ces différentes positions. Ainsi, la goupille 9 suit un mouvement alterné le long de l'arc de cercle dessiné en traitillé. La position A représente la position angulaire extrême à droite de la goupille 9 au cours de son oscillation, la goupille est en contact avec la lame flexible 14. Dans la position B, la goupille 9 est en position neutre, et est en contact avec la lame flexible 14. Dans la position C, la lame vient en appui sur le doigt de précontrainte 22 et quitte la goupille 9 de l'ancre 6. Ceci produit une cassure de pente et un saut de force de la caractéristique angle-couple de l'oscillateur, due à la perte de contact de ce dernier avec la lame flexible 14. La position D montre la position extrême à gauche de la goupille, dans laquelle il n'y a pas de contact entre elle et la lame flexible 14. Comme évoqué ci-dessus, pour minimiser les frottements de la goupille 9 sur la lame flexible 14, cette dernière est placée de telle manière que :

- le centre de rotation de l'ancre soit situé dans le plan de la lame flexible 14,
- le centre de rotation de l'ancre soit situé à une distance d'environ 1/3 de la longueur active totale de la lame, en référence à son point d'encastrement.

[0030] Ainsi, la portion de contact 14a de la lame 14 avec la goupille 9 suit une trajectoire sensiblement confondue avec celle de la goupille 9, minimisant ainsi les frottements relatifs entre ces deux pièces. En outre, comme mentionné ci-dessus, le réglage de l'angle de contact entre la goupille 9 et la lame flexible 14, réglée par la deuxième structure déformable élastiquement, n'a pas d'influence sur le réglage de la précontrainte. En outre, pour que le réglage de la précontrainte n'ait, lui aussi, pas ou peu d'influence sur le réglage de l'angle de contact, le doigt de précontrainte 22 doit être placé aussi proche que possible de la portion de contact 14a de la lame flexible 14 destinée à être au contact de la goupille 9. Au premier ordre, on peut considérer que le réglage de la précontrainte et le réglage de l'angle de contact sont indépendants l'un de l'autre.

[0031] La figure 7 propose un deuxième mode de réalisation de l'invention, dans lequel le correcteur selon l'invention présente, arrangés symétriquement par rapport un axe parallèle à l'axe AA, deux correcteurs tels que celui décrit ci-dessus, définissant chacun une première et une deuxième parties. Sur cette figure tout comme sur la figure 13, l'ancre 6 comporte deux goupilles 9, qui sont représentées en position neutre. Les quatre structures déformables élastiquement sont également présentées en position neutre, c'est-à-dire non déformée. De préférence, afin de diminuer l'encombrement d'un tel correcteur, les lames flexibles 14, les structures déformables et le bâti 12 des première et deuxième parties forment une pièce plane, de préférence réalisée de manière monolithique, par les techniques connues de l'homme du métier, telles que l'électroérosion à fil, la photolithographie ou la gravure profonde.

[0032] Dans une structure planaire telle que proposée au dessin, les centres de rotations des structures déformables ne peuvent être confondus avec le centre de rotation de l'ancre 6, comme pour le premier mode de réalisation. Pour s'approcher au mieux de ces conditions optimales décrites ci-dessus en référence aux figures 2 et 9, le centre de pivotement de l'ancre 6 est positionné au milieu du segment reliant les centres de pivotement des structures déformables, d'une part, de la première partie du correcteur et, d'autre part, de la deuxième partie du correcteur. Les lames 14 sont agencées au plus proche d'une ligne perpendiculaire à la trajectoire de l'oscillateur.

[0033] La figure 8 illustre un troisième réglage que le correcteur d'isochronisme, dans ses versions simple ou symétrique, peut présenter. Ce réglage permet d'agir sur la longueur active de la lame flexible 14 en référence à l'oscillateur. En d'autres termes, on agit sur la distance entre le point d'encastrement de la lame flexible 14 et le point d'appui de lame flexible 14 sur la goupille 9. Pour ce faire, le bâti 12 est monté mobile en translation en référence à l'oscillateur, selon une direction parallèle à l'axe AA. Ceci peut être simplement obtenu par des oblongs 36 ménagés dans le bâti 12, à l'intérieur desquels coopèrent des vis de serrage 38 (fig. 12). Il résulte de ce réglage une modification de la rigidité apparente de la lame flexible 14. Sur la figure 8, on a représenté un décalage du correcteur en direction de l'oscillateur, ce qui raccourcit la longueur active de la lame flexible 14 et augmente donc sa rigidité apparente. Notons que ce réglage n'a aucun effet sur la force de précontrainte de la lame flexible 14 contre le doigt de précontrainte 22. En outre, si la position angulaire de la goupille 9 pour laquelle cette dernière perd le contact avec la lame flexible 14 au cours de son déplacement vers la gauche (en référence au dessin) est située en référence au doigt de précontrainte 22, sur une ligne parallèle à l'axe AA, alors le réglage de la rigidité illustré sur cette figure n'a aucune influence non plus sur le réglage de l'angle de contact décrit à la figure 6. Notons enfin que le réglage illustré sur cette figure 8 décale le centre de pivotement des

structures déformables élastiquement par rapport au centre de rotation de l'ancre. Ce décalage a pour conséquence d'augmenter légèrement les frottements au niveau du point de contact entre la goupille 9 de l'ancre 6 et la lame flexible 14, mais dans des proportions acceptables.

[0034] Le correcteur d'isochronisme selon l'invention peut être usiné dans une tôle d'alliage métallique avec des propriétés adaptées à la fabrication de ressorts (on pourra choisir des alliages à base de cuivre et de béryllium ou d'acier au carbone, connus de l'homme du métier). Les différents perçages, taraudages et fraisages sont effectués en premier lieu. Ensuite, on effectue un traitement par durcissement structural. Enfin la structure élastique est découpée par électroérosion à fil (EDM).

[0035] D'autres matériaux peuvent aussi être utilisés, dès lors qu'ils présentent des caractéristiques élastiques satisfaisantes. La technique de réalisation est adaptée au matériau utilisé. On pourra notamment réaliser le correcteur en silicium, par la technique de DRIE (Deep Reactive Ion Etching).

[0036] Les figures 10 et 11 représentent les systèmes de positionnement permettant de régler la déformation des structures déformables, utilisés de manière avantageuse dans un correcteur d'isochronisme selon l'invention. L'homme du métier pourra envisager d'utiliser d'autres systèmes de positionnement. Les figures représentent particulièrement le système de positionnement 24 de la première structure déformable, mais le système de positionnement 34 de la deuxième structure déformable est tout à fait similaire.

[0037] Dans l'exemple représenté, chaque système de positionnement comporte deux vis pointeaux 40 qui assurent à la fois le réglage proprement dit, c'est-à-dire le déplacement de la structure déformable élastiquement, et le verrouillage de sa position. Les vis pointeaux 40 sont vissées dans des plots 41, eux-mêmes fixés au bâti 12 du correcteur.

[0038] On a une vis pointeau 40 disposée de chaque côté des éléments intermédiaires 16 et 20, au niveau de leur queue 16c ou 20c, en coopération avec elle. A l'endroit où les vis 40 exercent leur action, la queue 16c ou 20c présente une creusure circulaire 42, de manière à ce que l'action de la portion conique du pointeau coopère efficacement avec l'élément intermédiaire 16 ou 20. Les vis pointeaux 40 sont disposées de manière excentrique par rapport à la creusure circulaire 42, en étant décalée du côté de la queue 16c ou 20c. Ainsi, les vis pointeaux 40 n'exercent une pression que sur l'élément intermédiaire 16 ou 20 avec lequel elles coopèrent. L'enfoncement de la vis pointeau 40 en référence à l'élément intermédiaire 16 ou 20 et donc le rayon du cône au niveau du contact avec la creusure 42, permet d'ajuster la position de l'élément intermédiaire 16 ou 20.

[0039] Ainsi, on desserre légèrement l'une des vis 40 d'un système de positionnement, puis, on ramène la queue 16c ou 20c au contact de cette vis 40 en serrant légèrement l'autre vis 40. Le déplacement effectué peut

être estimé au moyen d'un repère angulaire fixé directement sur les vis de serrage. En fonction de l'angle du cône de la vis pointeau 40 et du pas de celle-ci, on peut estimer que le réglage des structures déformables peut être effectué avec une précision de l'ordre du micron. Lorsque les deux vis agissant au niveau d'un élément intermédiaire 16 ou 20 sont serrées, la position de cet élément se trouve sécurisée. Il est particulièrement intéressant de pouvoir faire le réglage de la position des structures déformables et le verrouillage de leur positionnement, au moyen d'un seul dispositif, car ainsi, on évite tout risque de modifier le réglage lors du verrouillage.

[0040] Enfin, la figure 12 représente le correcteur selon l'invention dans sa version symétrique, muni des systèmes de positionnement 24 et 34 de chacune des structures déformables élastiquement. On peut constater que les vis des systèmes de réglage sont avantageusement accessibles par le dessus, ce qui, compte tenu de la précision des réglages à effectuer, est un avantage important au niveau pratique, pour les opérations à effectuer manuellement par un horloger.

[0041] Ainsi est proposé un correcteur d'isochronisme offrant des facilités de réglage particulièrement intéressantes de son action sur un oscillateur mécanique. En outre, son design permet une réalisation aisée et précise, en limitant l'encombrement généré dans le mouvement horloger.

[0042] L'homme du métier pourra envisager diverses variantes, sans sortir du cadre de l'invention délimité par les revendications. Ainsi, il est envisageable de réaliser un correcteur comprenant plusieurs parties, telles que celle décrite dans le premier mode de réalisation, en référence aux figures 1 à 6. Les lames des différentes parties utilisées peuvent ne pas être parallèles, ni disposées symétriquement, bien que ces configurations soient moins favorables.

[0043] En outre, on relèvera que la notion de lame flexible doit être interprétée de manière large. Ainsi, selon la définition donnée par le «Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie» de G. A. Berner, une lame est un morceau de matière plat, mince et flexible. La flexibilité peut être réalisée sur toute la longueur de la lame ou seulement en une portion limitée. On peut également envisager d'avoir une lame dont la flexibilité est obtenue par une structure élastiquement autour d'un pivot à centre de compliance déporté. La figure 14 propose un tel agencement, dans lequel chaque partie de correcteur présente trois structures à centre de compliance déporté, deux semblables à celles décrites ci-dessus, et une pour assurer la flexion de la lame. On relèvera que, de manière particulièrement avantageuse, il est possible, dans une telle configuration, que les centres de rotations des structures déformables soient confondus avec le centre de rotation de l'ancre 6, comme pour le premier mode de réalisation décrit ci-dessus.

[0044] On notera que, dans le cas d'une structure avec deux parties identiques mais disposées dans des plans différents, il est également possible que les centres de

rotation de l'ancre et des structures déformables de chacune des parties soient superposés. Une telle réalisation pourrait également être réalisée de manière monolithique.

Revendications

1. Correcteur d'isochronisme d'oscillateur mécanique comportant

- un bâti (12),
- une lame flexible (14) solidaire du bâti pour agir sur l'oscillateur mécanique au niveau d'une portion de contact (14a) que présente la lame,
- des premiers moyens de réglage de la précontrainte de ladite lame flexible comprenant un doigt de précontrainte (22) agissant sur ladite lame flexible, lesdits premiers moyens de réglage étant solidaires du bâti.

2. Correcteur d'isochronisme selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre des deuxièmes moyens de réglage de la position de la portion de contact (14a), pour ajuster la position dans laquelle l'oscillateur entre au contact de la lame flexible, lesdits deuxièmes moyens de réglage étant solidaires du bâti et étant indépendants des premiers moyens de réglage.

3. Correcteur d'isochronisme selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre des troisièmes moyens de réglage de la rigidité angulaire de ladite lame flexible (14) en référence à l'oscillateur mécanique, par translation du bâti (12).

4. Correcteur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits premiers et deuxièmes moyens de réglage sont chacun formés d'une structure déformable élastiquement autour d'un pivot à centre de compliance déporté, chaque structure étant déformable indépendamment au moyen d'un système de positionnement respectif.

5. Correcteur selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le centre de compliance des premiers moyens de réglage est situé au même endroit que le centre de compliance des deuxièmes moyens de réglage.

6. Correcteur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la structure déformable desdits premiers moyens de réglage comporte un premier élément intermédiaire (16), solidaire de la lame flexible (14) et une première (18a) et une deuxième (18b) lames élastiques reliées, d'une part, à un élément de référence muni dudit doigt de précontrainte (22) et, d'autre part, audit premier élément intermédiaire

(16).

7. Correcteur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la structure déformable desdits deuxièmes moyens de réglage comporte un deuxième élément intermédiaire (20) solidaire de lame flexible (14), une première (32a) et une deuxième (32b) lames élastiques reliées, d'une part à un élément de référence et, d'autre part, audit deuxième élément intermédiaire (16).

8. Correcteur selon les revendications 6 et 7, **caractérisé en ce que** l'élément de référence de la structure déformable desdits premiers moyens de réglage est constitué par la structure déformable desdits deuxièmes moyens de réglage.

9. Correcteur selon l'une des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce que** le bâti, la lame et les structures déformables élastiquement forment une pièce plane et/ou monolithique.

10. Correcteur selon la revendication 7 ou la revendication 8, **caractérisé en ce qu'il** comprend, disposés sur un même bâti (12), n correcteurs supplémentaires selon la revendication 7 ou la revendication 8.

11. Correcteur selon la revendication 10, comportant deux correcteurs selon la revendication 7 ou la revendication 8 disposés de manière symétrique par rapport à une ligne perpendiculaire à la trajectoire d'une zone d'appui que comporte l'oscillateur.

12. Correcteur selon l'une des revendications 10 et 11, **caractérisé en ce que** le bâti, les lames et les structures déformables élastiquement forment une pièce plane et/ou monolithique.

13. Mécanisme d'échappement comprenant

- un correcteur (10) selon l'une des revendications 1 à 8, ladite lame flexible (14) présentant une longueur L et une extrémité solidaire du bâti, et

- un oscillateur mécanique présentant une zone d'appui (9) destinée à coopérer avec la portion de contact (14a) de ladite lame flexible, ladite zone d'appui décrivant une trajectoire circulaire,

caractérisé en ce que la lame est agencée selon une ligne perpendiculaire à ladite trajectoire et **en ce que** le centre de ladite trajectoire est situé dans le plan de ladite lame, à une distance L/3 de son point de liaison au bâti.

14. Mécanisme d'échappement comprenant

- un correcteur selon l'une des revendications 9

et 10, lesdites lames flexibles (14) présentant une longueur L et une extrémité solidaire du bâti, et

- un oscillateur mécanique présentant une première et une deuxième zones d'appui (9) destinées à coopérer respectivement avec la portion de contact (14a) des première et deuxième lames flexibles, lesdites zones d'appui décrivant une unique trajectoire circulaire,

10

caractérisé en ce que lesdites lames sont agencées au plus proche d'une ligne perpendiculaire à la trajectoire de l'oscillateur.

15. Mécanisme d'échappement selon la revendication 13, caractérisé en ce que le centre de ladite trajectoire est située symétriquement entre lesdites lames flexibles, à une distance normale $L/3$ de leur point de liaison au bâti.

20

25

30

35

40

45

50

55

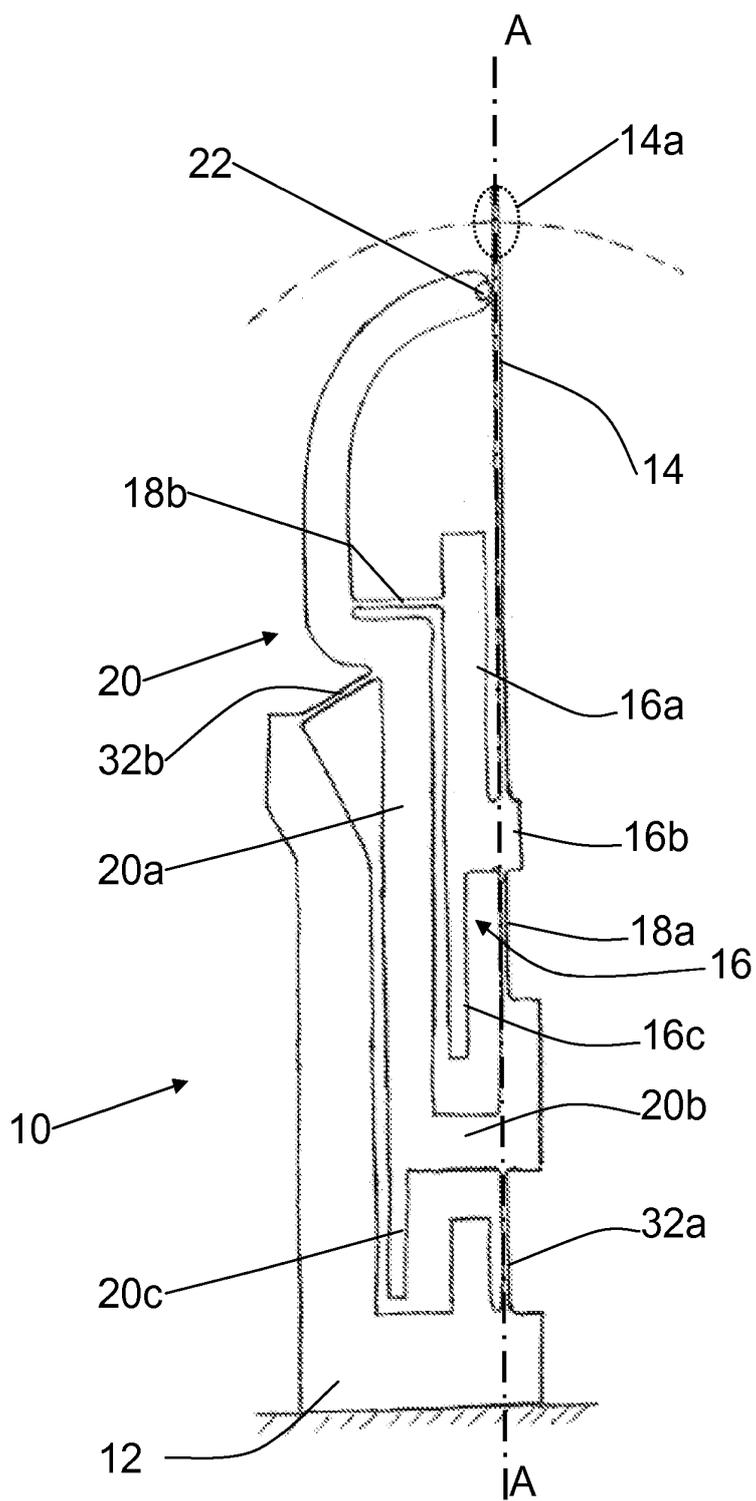


Fig. 1

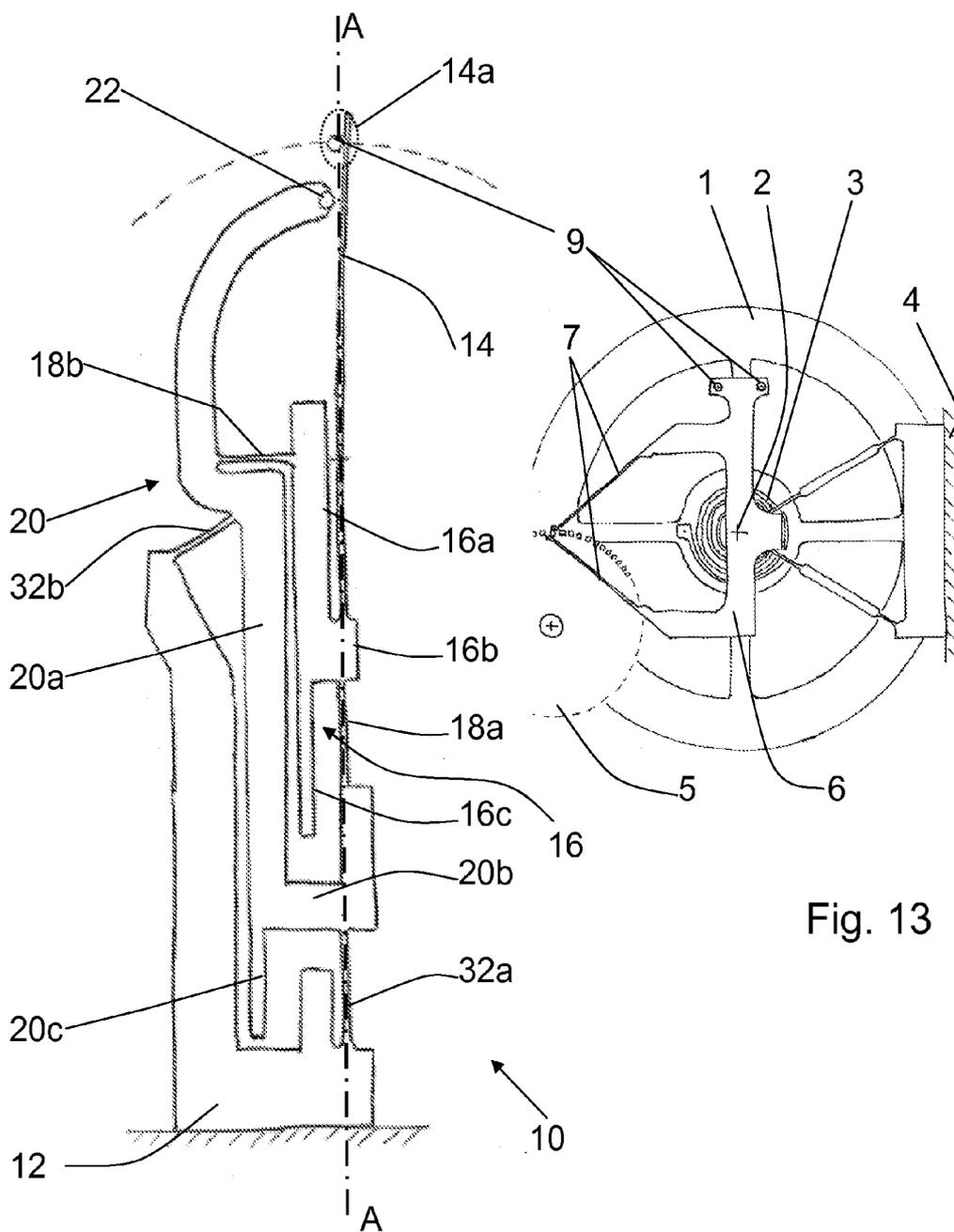


Fig. 2

Fig. 13

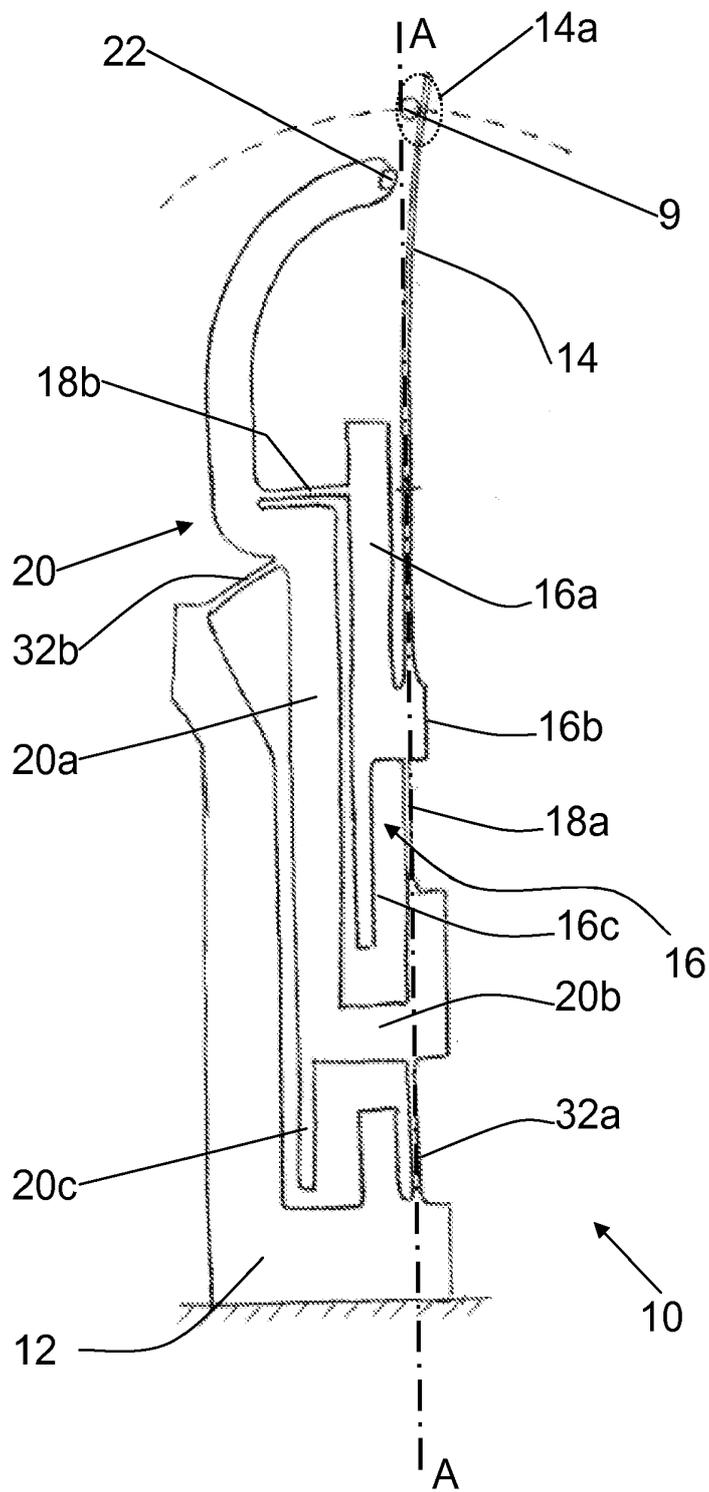


Fig. 3

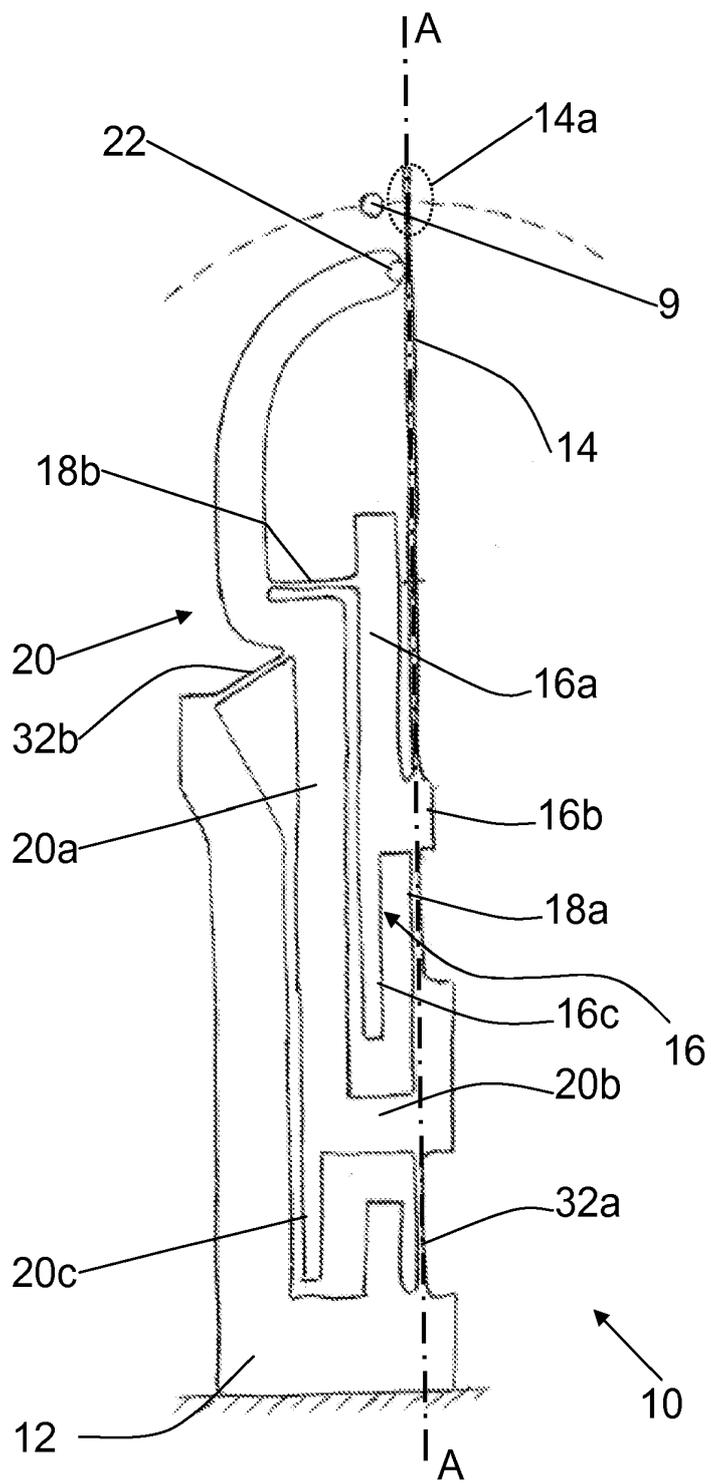


Fig. 4

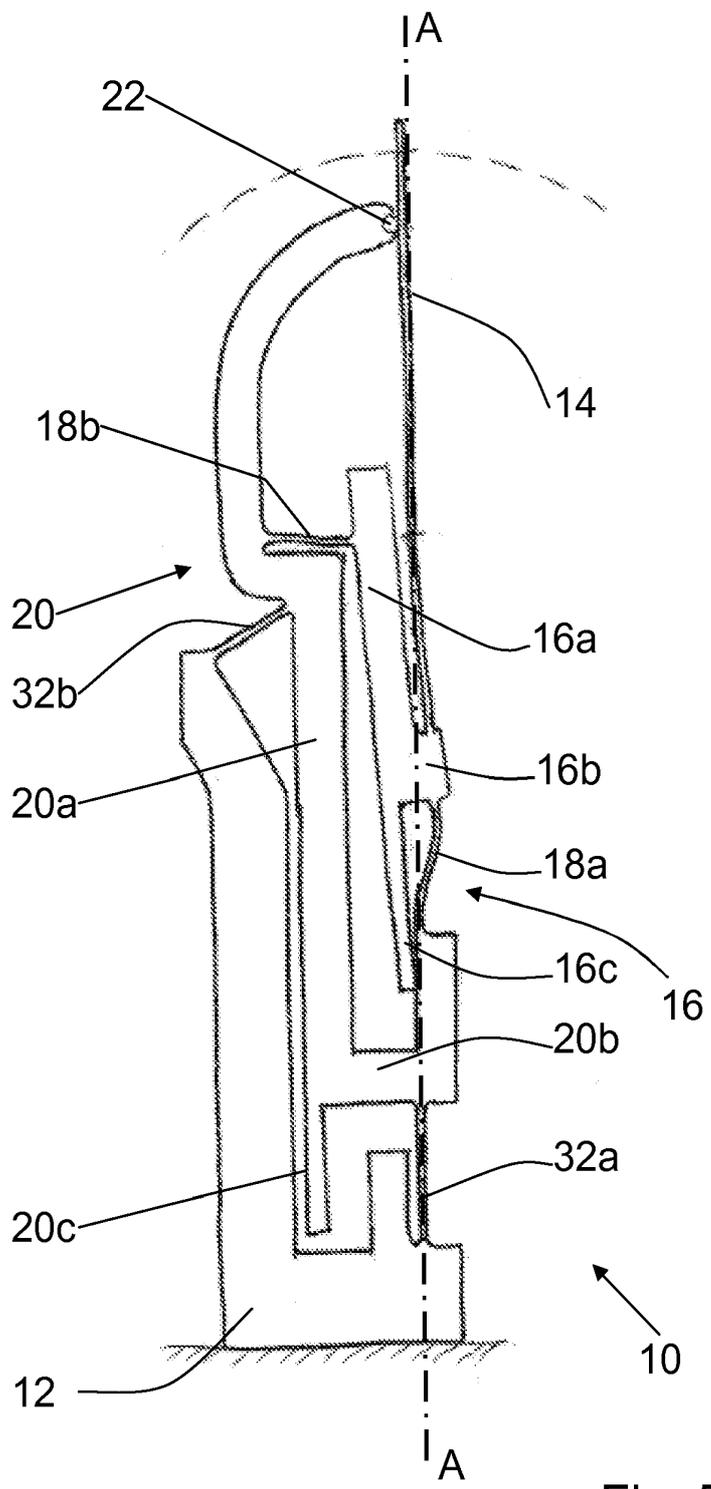


Fig. 5

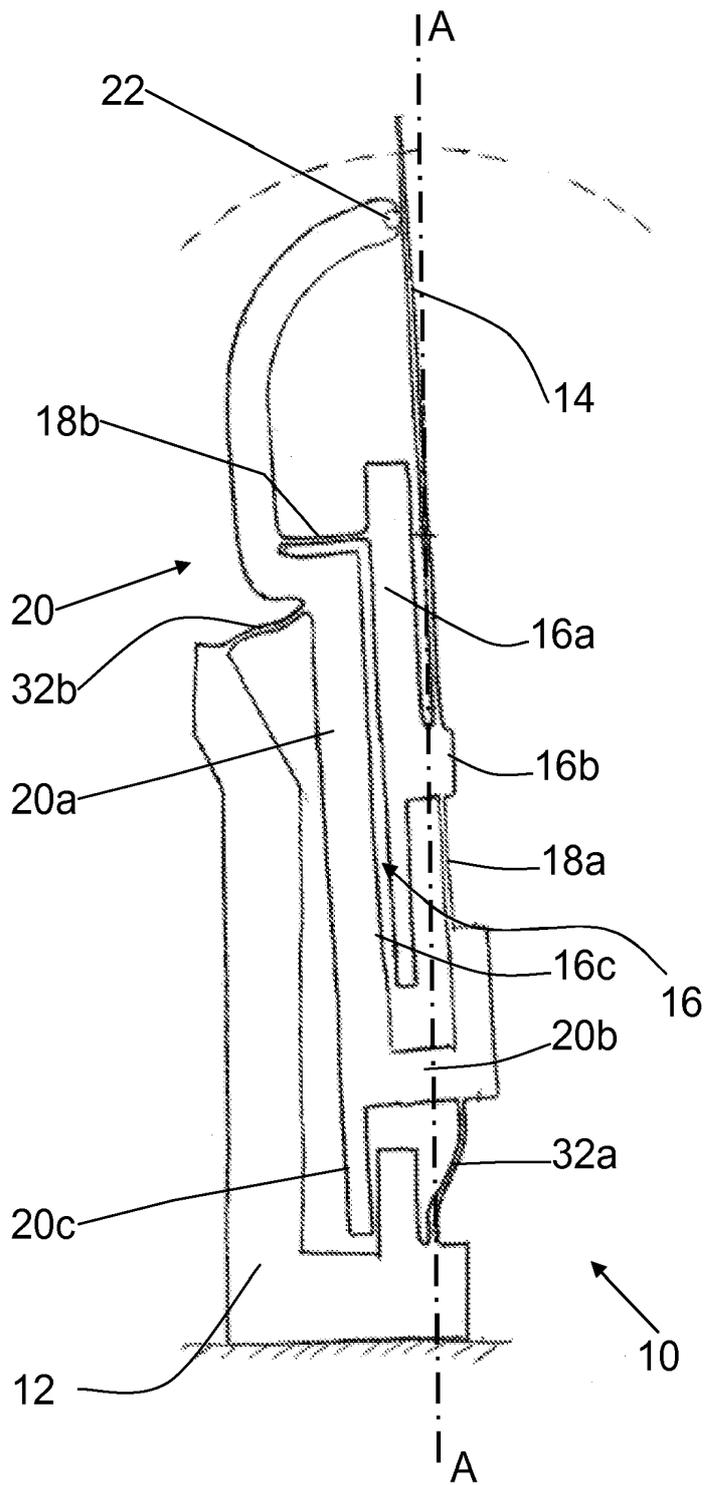


Fig. 6

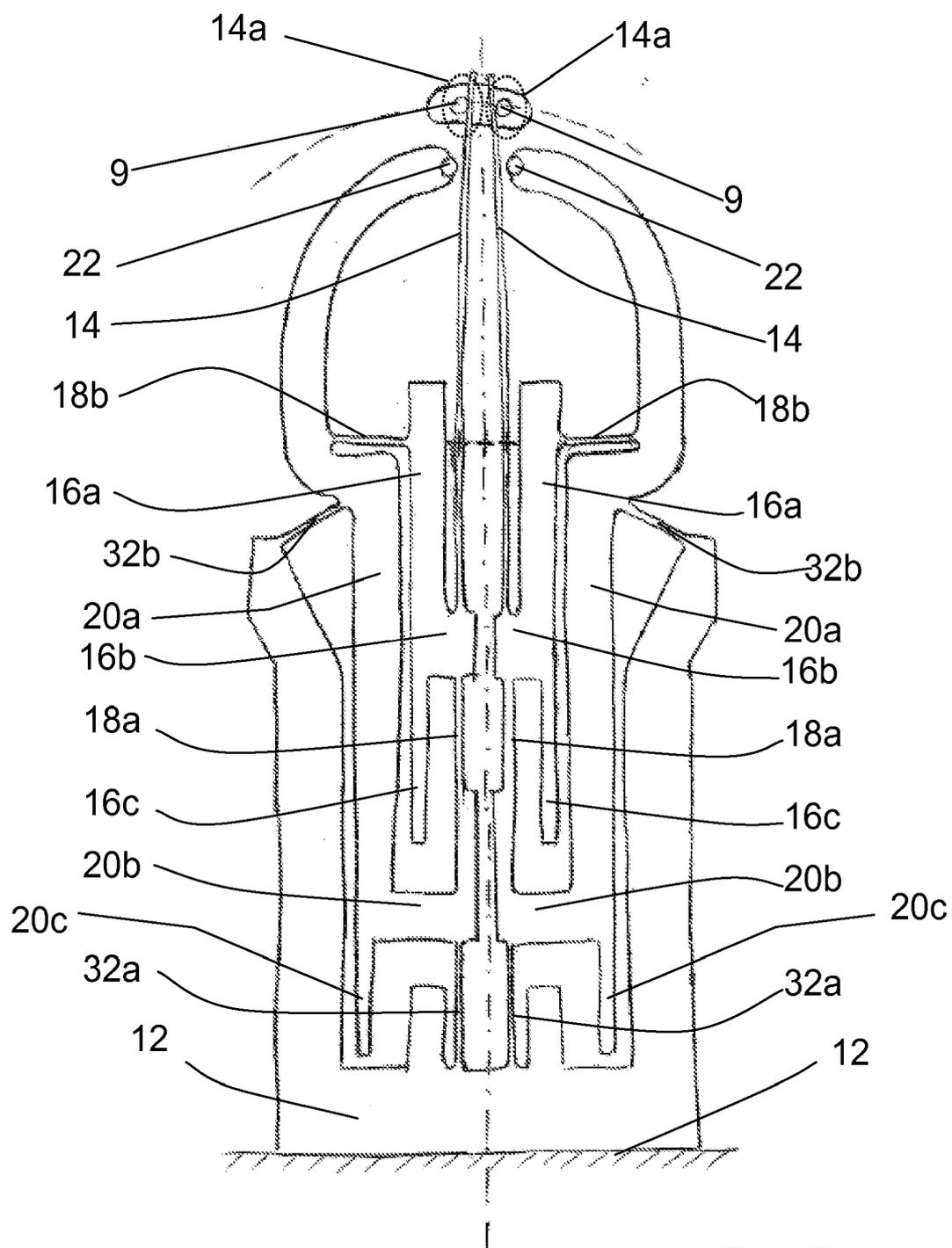


Fig. 7

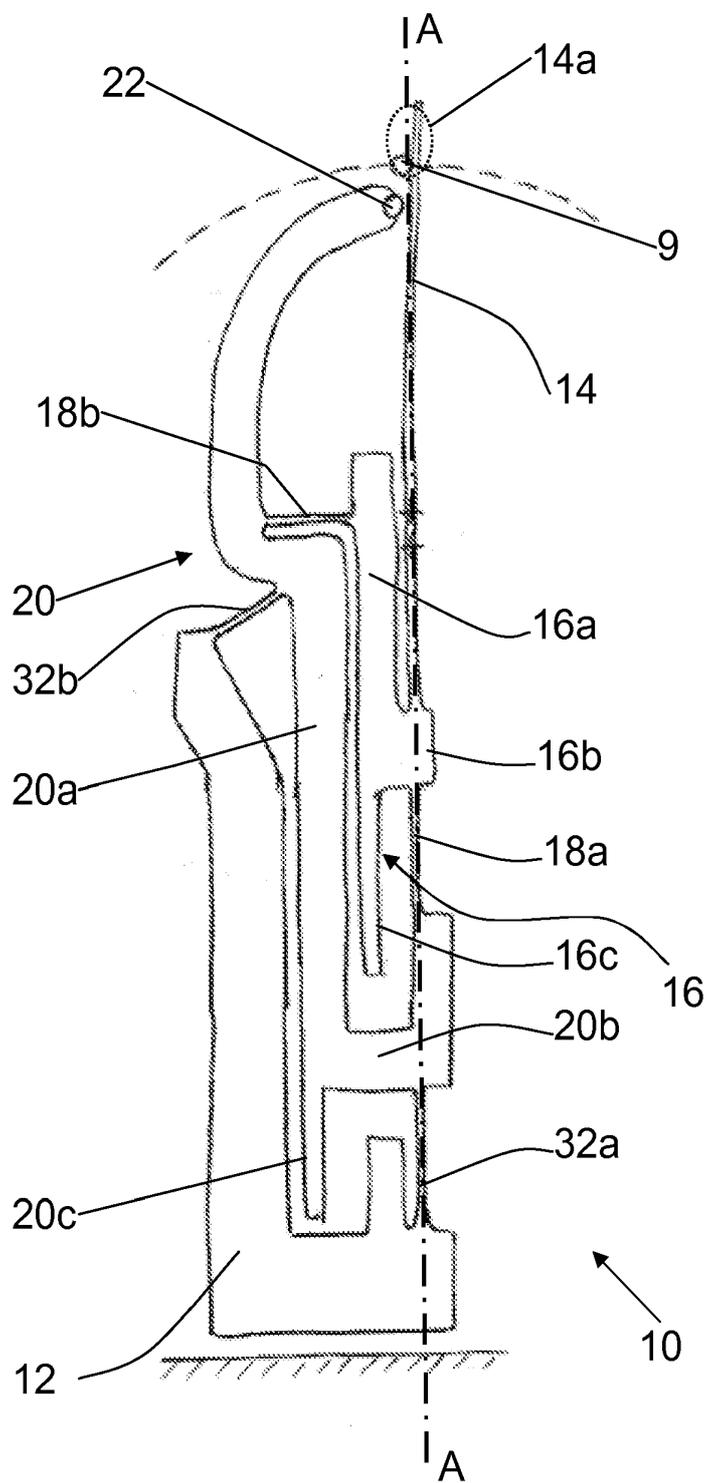


Fig. 8

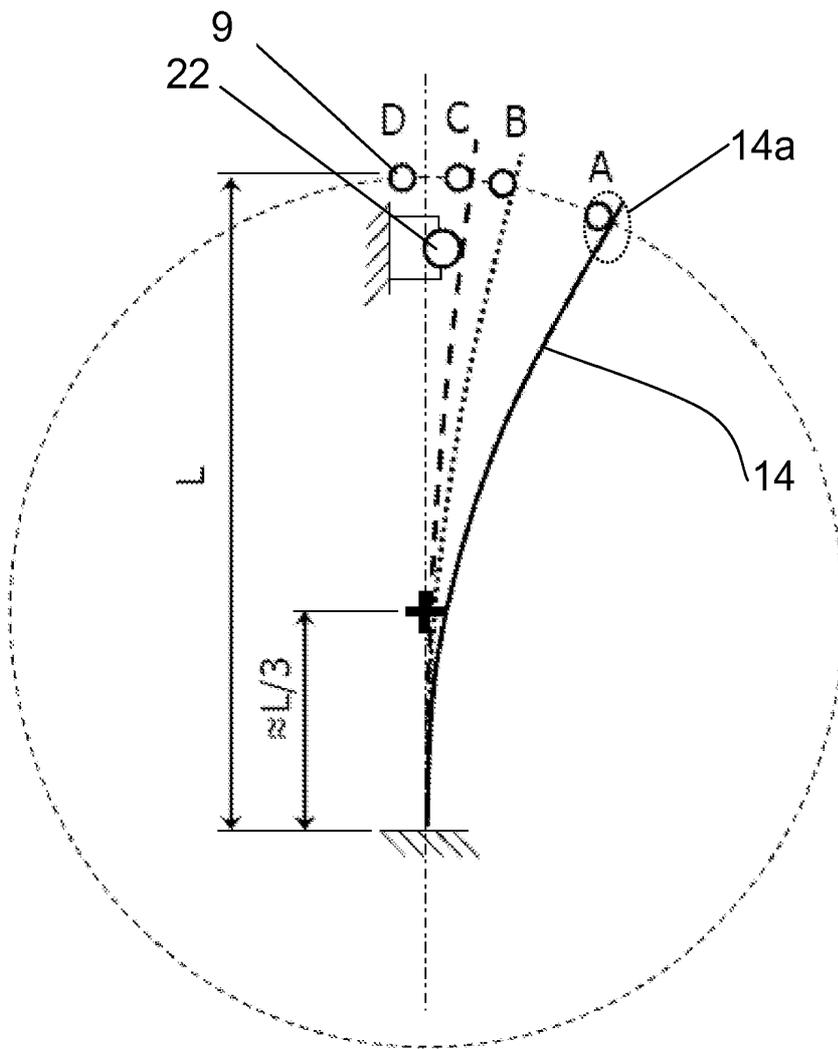


Fig. 9

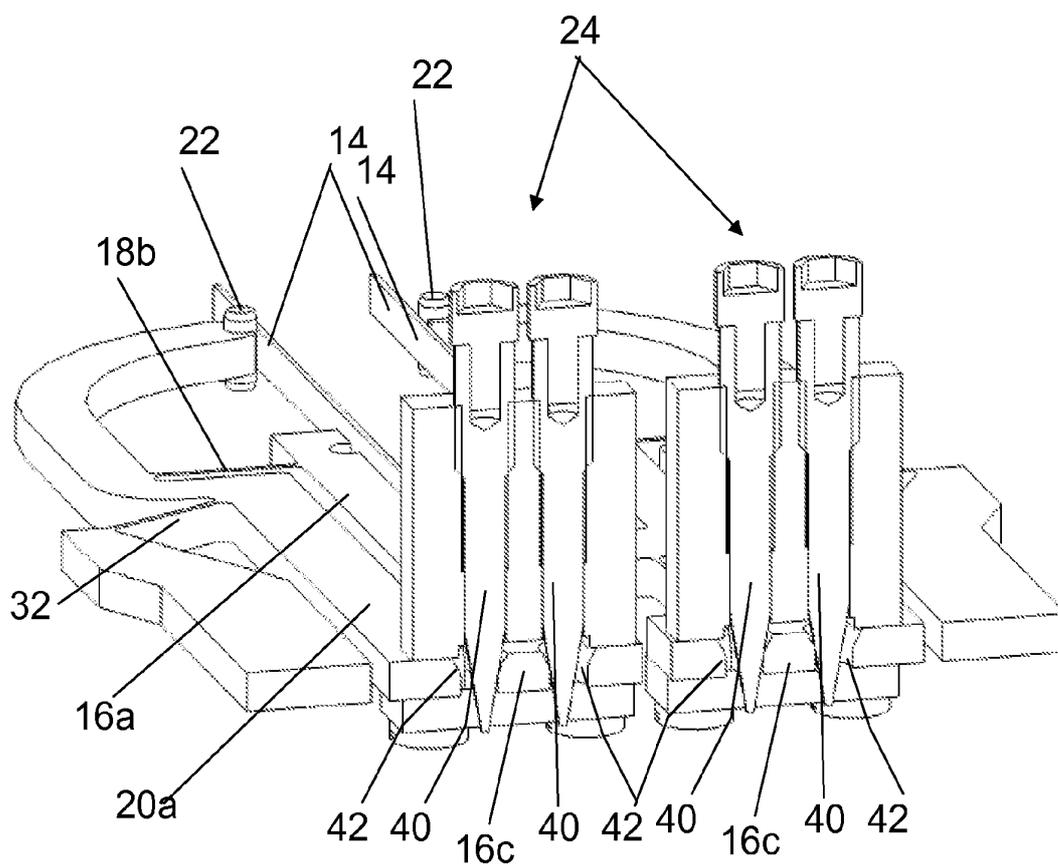


Fig. 10

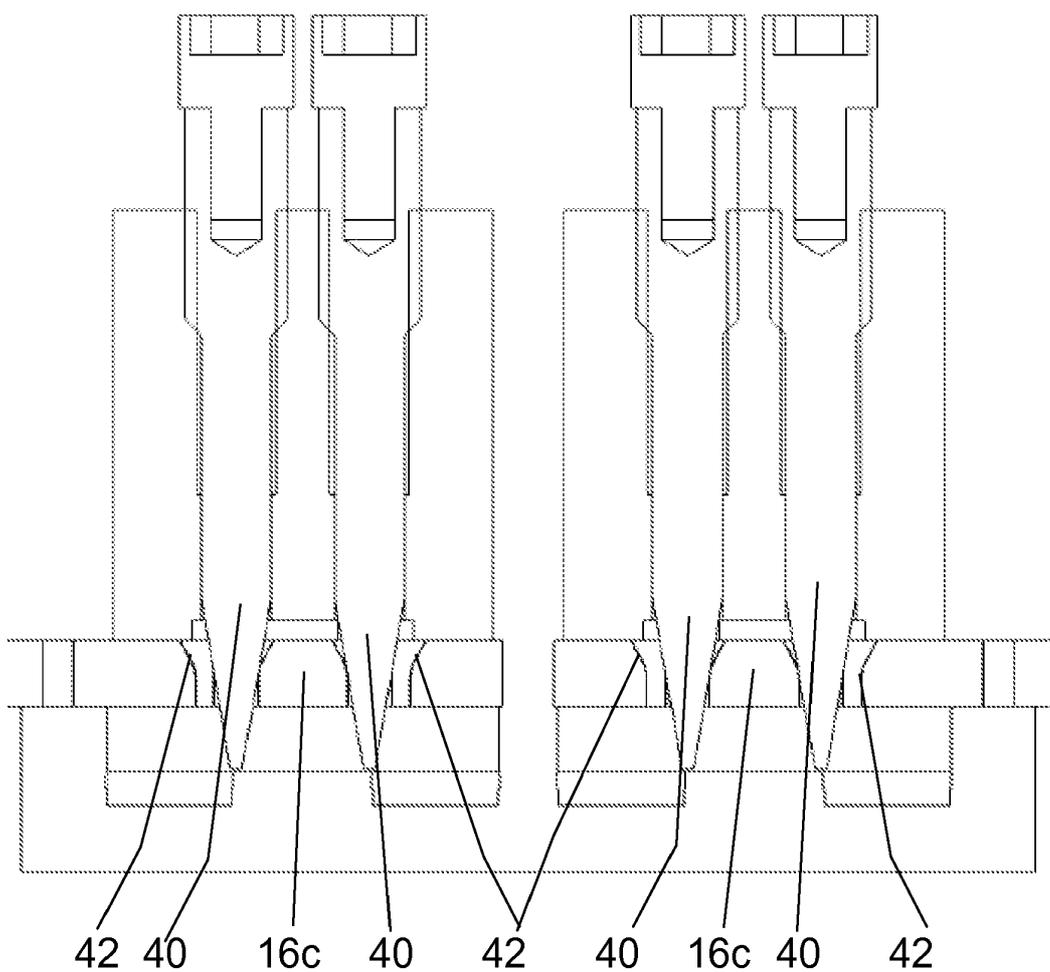


Fig. 11

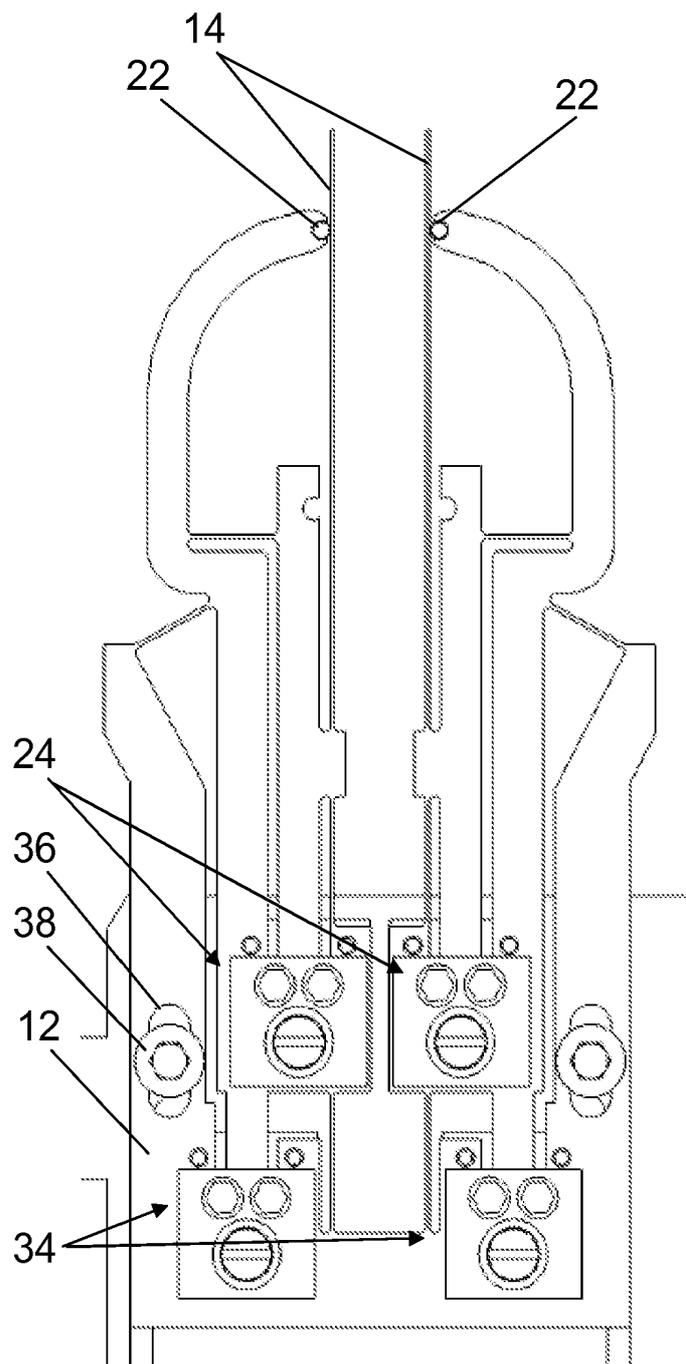


Fig. 12

